

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-155273

(43)Date of publication of application : 08.06.1999

(51)Int.Cl.

H02K 33/06

H02K 33/16

(21)Application number : 09-321654

(71)Applicant : STAR MICRONICS CO LTD

(22)Date of filing : 21.11.1997

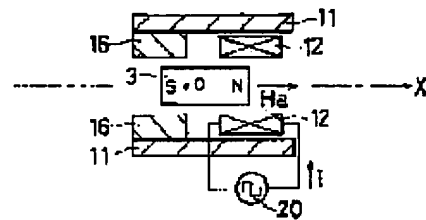
(72)Inventor : MORITAKE IKUNORI
URUSHIBATA KIYOSHI

(54) VIBRATION DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a highly reliable vibration device which has high electro- mechanical conversion efficiency and permits size reduction and reduction of power consumption.

SOLUTION: A vibration device is composed of a fixed yoke 11 which has a hollow shape and is made of a magnetic material, a vibrator 3 which is supported so as to be capable of being displaced along a center axis in the fixed yoke 11 in an X-direction, magnetized in a direction parallel to a displacement direction and given a restoration force by a magnetic interaction with the fixed yoke 11, a solenoid 12 which superposes a driving magnetic field upon a magnetic field passing through a magnetic circuit composed of the fixed yoke 11 and the vibrator 3, an oscillator 20 which supplies a drive current I to the solenoid 12, a condensing yoke 16 which is interposed between the fixed yoke 1 and the vibrator 3 and condenses the magnetic field which passes through the fixed yoke 11 on the vibrator side, etc. The vibration device is resonated by the application of the driving magnetic field whose frequency F_a substantially matches the resonance frequency F_m of the vibrator 3.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-155273

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月8日

(51) Int. Cl. ⁶

H02K 33/06

33/16

識別記号

F I

H02K 33/06

33/16

A

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全9頁)

(21) 出願番号 特願平9-321654

(22) 出願日 平成9年(1997)11月21日

(71) 出願人 000107642

スター精密株式会社

静岡県静岡市中吉田20番10号

(72) 発明者 森竹 郁紀

静岡県静岡市中吉田20番10号 スター精密株式会社内

(72) 発明者 漆畑 潔

静岡県静岡市中吉田20番10号 スター精密株式会社内

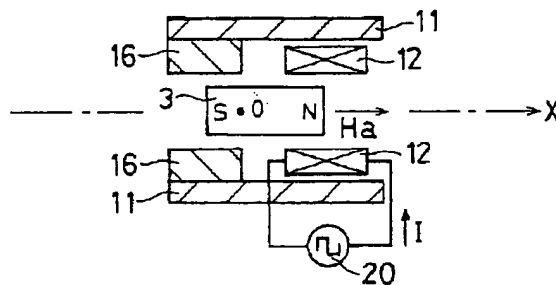
(74) 代理人 弁理士 西教 圭一郎

(54) 【発明の名称】 振動装置

(57) 【要約】

【課題】 電気から機械振動への変換効率が高く、小型化・低消費電力化が可能で信頼性が高い振動装置を提供する。

【解決手段】 振動装置は、中空形状であって磁性材料から成る固定ヨーク11と、固定ヨーク11内の中心軸X方向に沿って変位可能のように支持され、変位方向と平行な方向に磁化され、固定ヨーク11との磁気作用によって復元力が付与された振動子3と、固定ヨーク11および振動子3が形成する磁気回路を通過する磁界に対して駆動磁界を重畳するための電磁コイル12と、電磁コイル12に駆動電流Iを供給する発振器20と、固定ヨーク11と振動子3との間に介在して、固定ヨーク11を通過する磁界を振動子側に集束させるための集束ヨーク16などで構成され、振動子3の共振周波数F_mとほぼ一致する周波数F_aの駆動磁界を印加することによって共振させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 中空形状であって磁性材料から成る固定ヨークと、

固定ヨーク内の中心軸方向に沿って変位可能なように支持され、変位方向と平行な方向に磁化され、固定ヨークとの磁気作用によって復元力が付与された振動子と、固定ヨークおよび振動子が形成する磁気回路を通過する磁界に対して、駆動磁界を重畳するための電磁コイルと、

固定ヨークと振動子との間に介在して、固定ヨークを通過する磁界を振動子側に集束させるための集束ヨークとを備えることを特徴とする振動装置。

【請求項 2】 振動子の復元力と質量によって規定される機械的共振周波数 F_m と駆動磁界の周波数 F_a とが略一致することを特徴とする請求項 1 記載の振動装置。

【請求項 3】 電磁コイルは、固定ヨークと同軸に配置されていることを特徴とする請求項 1 記載の振動装置。

【請求項 4】 振動子は同極性の磁極が対向するように縦列配置された複数の磁石で構成され、

電磁コイルが振動子の復元力原点を取り囲むように配置され、

電磁コイルを挟んで、複数の集束ヨークが復元力原点を中心として対称配置されていることを特徴とする請求項 3 記載の振動装置。

【請求項 5】 振動子は同極性の磁極が対向するように縦列配置された複数の磁石で構成され、

集束ヨークが振動子の復元力原点を取り囲むように配置され、

集束ヨークを挟んで、複数の電磁コイルが復元力原点を中心として対称配置されていることを特徴とする請求項 3 記載の振動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、駆動電流によって駆動される直線振動型の振動装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、電波を用いた無線電話（たとえば携帯電話や PHS 等）や無線呼出装置（たとえば商品名ポケットベルやページャー等）などの携帯用端末機器において、電話や呼出の着信があった場合に、大きな電子音を発して聴覚的に使用者に告知している。しかし、近年、携帯電話等が急速に普及して、他人の着信を自己の着信と誤認したり、電車や映画館等の公共施設で静寂を妨害する点が社会問題化している。その対策として、着信があると端末機器が振動を発生して、触覚的に携帯者に知らせるバイブレータ方式が採用されつつある（たとえば特開平 6 - 2 2 4 8 1 6 号等）。

【0003】 従来のバイブレータ方式では、小型モータの回転軸に偏心錘を取り付けて、回転運動によって振動を発生する回転振動型の振動装置が採用されている（た

えば特開平 8 - 1 8 6 6 2 6 号、特開平 8 - 2 4 2 2 7 3 号等）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の振動装置では大きな重量物を回転させるため、ある程度大きなトルクを出力するモータが必要になり、モータの小型化や省電力化に自ずと限界がある。また、偏心回転によって軸受の負担が大きくなるため、機械的寿命があまり長くない。

【0005】 本発明の目的は、電気から機械振動への変換効率が高く、小型化・低消費電力化が可能で信頼性が高い振動装置を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は、中空形状であって磁性材料から成る固定ヨークと、固定ヨーク内の中心軸方向に沿って変位可能なように支持され、変位方向と平行な方向に磁化され、固定ヨークとの磁気作用によって復元力が付与された振動子と、固定ヨークおよび振動子が形成する磁気回路を通過する磁界に対して、駆動磁界を重畳するための電磁コイルと、固定ヨークと振動子との間に介在して、固定ヨークを通過する磁界を振動子側に集束させるための集束ヨークとを備えることを特徴とする振動装置である。

【0007】 本発明に従えば、中空形状の固定ヨークの内部に磁化振動子を配置することによって、磁化振動子の N 極から出た磁力線が固定ヨークを通過して、磁化振動子の S 極に戻る磁気回路が形成される。振動子は、全体のポテンシャルエネルギーが最も低い状態で安定し、またこの点を原点とした復元力が作用する。この現象は、振動子がばねによって支持され、ばねの伸び縮みによる復元力が生じたことに相当する。

【0008】 この状態で磁気回路を通過する磁界に対して電磁コイルからの駆動磁界を周期的に重畳することによって、振動子に作用する磁界が周期的に変動するようになり、振動子が直線的に往復しながら振動するようになる。こうして電氣的振動を機械的振動に効率良く変換できる。

【0009】 さらに、集束ヨークを固定ヨークと振動子との間に介在させ、固定ヨークを通過する磁界を振動子側に集束させることによって、固定ヨークと振動子との間の磁気作用が増強され、振動子の復元力がより大きくなる。そのため固定ヨーク単体の場合と比べて、振動子の共振周波数 F_m と振動力をより高く設定できる。

【0010】 また、集束ヨークの材質や寸法、形状等を変化させることによって、共振周波数 F_m を任意に調整できる。そのため振動装置の製造時に本体部品を共通化して、種々の集束ヨークと組み合わせることによって、所望の共振周波数 F_m を持つ振動装置が得られるため、低コストで多品種少量生産にも容易に対応できる。

【0011】 また本発明は、振動子の復元力と質量によ

って規定される機械的共振周波数 F_m と駆動磁界の周波数 F_a とが略一致することを特徴とする。

【0012】本発明に従えば、振動子の質量および復元力で機械的共振周波数 F_m が定まるため、この共振周波数 F_m とほぼ一致する周波数 F_a の駆動磁界を印加することによって共振現象が発生し、僅かなエネルギー供給によって大きな振幅の振動が持続するようになる。こうして電気から機械振動への変換効率が高くなり、少ない消費電力で大きな振動出力が得られるようになる。

【0013】また本発明は、前記電磁コイルは、固定ヨークと同軸に配置されていることを特徴とする。

【0014】本発明に従えば、駆動磁界を発生する電磁コイルを固定ヨークと同軸に配置することによって、振動子の磁化方向と交流磁界の方向とが一致するため、電磁コイルから振動子への磁界伝達効率が向上する。

【0015】また本発明は、振動子は同極性の磁極が対向するように縦列配置された複数の磁石で構成され、電磁コイルが振動子の復元力原点を取り囲むように配置され、電磁コイルを挟んで、複数の集束ヨークが復元力原点を中心として対称配置されていることを特徴とする。

【0016】本発明に従えば、複数の磁石を縦列配置し、同極性の磁極（たとえばN極同士またはS極同士）を対向させることによって、対向した各磁極からの磁力線が互いに反発して、磁石配置方向に垂直な平面に沿って放射状に磁界が分布するようになる。こうした平面状の磁界は、単一の磁石が形成する磁界と比べて、磁力線密度が格段に高くなるため、外側の磁気回路部品との相互作用がより強くなる。

【0017】さらに、電磁コイルを振動中心に配置することによって、振動子が形成する平面状磁界と電磁コイルとの相互作用が強くなり、振動子へのエネルギー伝達効率が向上する。また、電磁コイルを挟むように複数の集束ヨークを対称配置することによって、振動子両端か

$$F_m = \frac{1}{2\pi} \sqrt{k/M}$$

【0023】この共振周波数 F_m と同じ周波数 F_a の駆動磁界を電磁コイルで発生させて振動子に印加すると、振動子は共振振動を始める。電磁コイルの駆動電流波形は周波数 F_a の成分を含むもので、たとえば周波数 F_a の正弦波電流やパルス電流が可能であり、また全波駆動や半波駆動も可能である。

【0024】図2は、振動子の共振特性を示すグラフである。縦軸は振動子の振幅 A であり、横軸は駆動磁界の周波数 F_a である。グラフにおいて、共振周波数 F_m で最大振幅となり、共振周波数 F_m から外れると振幅は減少する共振カーブが見られ、共振ピークの鋭さを示す Q 値は摩擦や空気抵抗等のエネルギー損失によって決定される。

【0025】一方、復元力 f と変位 x とが非線形関係で、ばね係数 k が変位 x の関数である場合は、 $f = k$

らの磁力線との相互作用を増強できる。こうして振動子の駆動効率が向上するため、小さい電力で大きな振動を発生できる。

【0018】また本発明は、振動子は同極性の磁極が対向するように縦列配置された複数の磁石で構成され、集束ヨークが振動子の復元力原点を取り囲むように配置され、集束ヨークを挟んで、複数の電磁コイルが復元力原点を中心として対称配置されていることを特徴とする。

【0019】本発明に従えば、複数の磁石を縦列配置し、同極性の磁極（たとえばN極同士またはS極同士）を対向させることによって、対向した各磁極からの磁力線が互いに反発して、磁石配置方向に垂直な平面に沿って放射状に磁界が分布するようになる。こうした平面状の磁界は、単一の磁石が形成する磁界と比べて、磁力線密度が格段に高くなるため、外側の磁気回路部品との相互作用がより強くなる。

【0020】さらに、集束ヨークを振動中心に配置することによって、振動子が形成する平面状磁界と集束ヨークとの相互作用が強くなり、振動子の復元力が強くなる。また、集束ヨークを挟むように複数の電磁コイルを対称配置することによって、振動子両端での磁界と電磁コイルとの相互作用が強くなり、振動子へのエネルギー伝達効率が向上する。こうして振動子の駆動効率が向上するため、小さい電力で大きな振動を発生できる。

【0021】まず本発明の原理について説明する。振動子の静止位置を原点 O として、原点 O からの変位を x とし、振動子に作用する復元力を f 、振動子の質量を M とすると、復元力 f は変位 x の関数となり、図1に示すように、一次近似では $f = k \cdot x$ の線形関数となる。なお、 k はばね係数である。この場合、振動子の共振周波数 F_m は次式(1)で表せる。

【0022】

【数1】

…(1)

(x) $\cdot x$ と表され、機械的周波数 F_m は振動子の振幅に依存することになり、式(1)のように簡単には決まらない。しかしながら、このような振動装置に駆動磁界を周期的に重畳した場合でも、振動子の質量 M と復元力 $k(x)$ 、振幅 A に応じて振動子を直線的に往復振動させることが可能である。

【0026】

【発明の実施の形態】図3は、本発明の第1実施形態を示す構成図である。振動装置は、中空形状の固定ヨーク11と、固定ヨーク11の内部に中心軸 X 方向に沿って変位可能なように支持された振動子3と、駆動磁界 H_a を発生するための電磁コイル12と、電磁コイル12に交流電流などの正弦波またはパルス波などの駆動電流 I を供給する発振器20などで構成され、さらに固定ヨーク11の内側に中空形状の集束ヨーク16が配置されて

いる。

【0027】固定ヨーク11は、透磁率の大きな磁性材料で形成され、たとえば円筒状に形成されている。振動子3は、円柱状の永久磁石で形成され、磁化方向が変位方向と平行になるように円柱の上面および下面がN極、S極に着磁されている。また、振動子3の周囲には、振動子3の直線運動を滑らかに案内するための案内部材（不図示）が設けられる。

【0028】集束ヨーク16は、固定ヨーク11と同様に透磁率の大きな磁性材料で形成され、固定ヨーク11と振動子3との間に介在して、固定ヨーク11と振動子3端部との磁気的距離を近づけることと大きな透磁率により、固定ヨーク11を通過する磁界を振動子側に集束させ、振動子との磁気作用を強くする機能を有する。なお、図3では集束ヨーク16を固定ヨーク11とは別部品で構成しているが、両者を一体的に形成することも可能である。

【0029】こうした中空形状の固定ヨーク11の内部に振動子3を配置することによって、振動子3のN極から出た磁力線が固定ヨーク11を通過して、振動子3のS極に戻る磁気回路が形成される。磁力線は、固定ヨーク11のX軸を中心として回転対称となるように分布し、振動子3は全体のポテンシャルエネルギーが最も低くなる位置（点O）で安定する。この安定位置は、外側の磁性部品の特性や形状等によって定まり、集束ヨーク16が固定ヨーク11の対称中心点に関して非対称に配置されているため、点Oは固定ヨーク11の対称中心点よりシフトする。

【0030】この状態で、振動子3が原点Oから正または負の方向に変位すると、振動子3には原点Oに戻ろうとする復元力が作用する。こうした復元力は、振動子3の振幅範囲において変位量にほぼ比例させることが可能なため、ちょうど振動子3がX軸に沿って線形ばねで支持された現象に近似できる。

【0031】この状態で磁気回路を通過する磁界に対して電磁コイル12からの駆動磁界を周期的に重畳することによって、振動子3に作用する磁界が周期的に変動するようになり、振動子3が直線的に往復しながら振動するようになる。

【0032】図3において、電磁コイル12はX軸の周りに導線を巻回するように構成され、固定ヨーク11と同軸に配置することによって、X軸と平行な駆動磁界Haを発生するため、効率的な磁界重畳が実現している。

【0033】図4(a)は振動子3の運動波形、図4(b)～図4(e)は電磁コイル12の駆動電流波形の各種例を示すグラフである。静止した振動子3に駆動磁界Haが作用すると、振動子3が振動を開始し、この振動周期と同期するように磁界Haが変動すると、共振現象によって振動振幅が徐々に増加し、摩擦や空気抵抗等に起因する共振ロスと電磁コイル12からの注入エネルギー

とが均衡した状態で振動子3は一定振幅で振動するようになる。

【0034】図4(b)は半波パルス駆動の例を示し、図4(a)に示すように振動子3が周期Tの正弦波で振動している場合、振動子3が原点OからX軸の正方向に移動している4分の1周期だけオンとなるパルス電流を電磁コイル12に流している。半波パルス駆動は、単極性の駆動波形で済むためパルス発振器20の回路構成を簡略化できる利点がある。

【0035】図4(c)は全波パルス駆動の例を示し、図4(a)に示すように振動子3が周期Tの正弦波で振動している場合、振動子3が原点OからX軸の正方向に移動している4分の1周期だけ正極性となり、振動子3が正の最大変位から原点Oに戻る次の4分の1周期だけ負極性となるパルス電流を電磁コイル12に流している。全波パルス駆動は、半波パルス駆動と比べて2倍の駆動期間を確保できるため、振動開始からの定常振動まで立上り時間を短縮できる利点がある。

【0036】図4(d)は半波パルス駆動の例を示し、図4(a)に示すように振動子3が周期Tの正弦波で振動している場合、振動子3がX軸の正方向に移動している2分の1周期だけオンとなるパルス電流を電磁コイル12に流している。半波パルス駆動は、単極性の駆動波形で済むためパルス発振器20の回路構成を簡略化できる利点がある。

【0037】図4(e)は全波パルス駆動の例を示し、図4(a)に示すように振動子3が周期Tの正弦波で振動している場合、振動子3がX軸の正方向に移動している2分の1周期だけ正極性となり、振動子3がX軸の負方向に移動している2分の1周期だけ負極性となるパルス電流を電磁コイル12に流している。この駆動波形は、図4(d)の半波パルス駆動と比べて2倍の駆動期間を確保できるため、高効率の駆動を実現できる。

【0038】なお、図4(b)～図4(e)に示すパルス波形の代わりに、正弦波を4分の1周期あるいは2分の1周期の単位でオン、オフした波形も使用でき、特に図4(e)では完全な正弦波駆動となる。

【0039】こうして振動子3の周期および位相と駆動電流とが同期することによって、電氣的振動から機械的振動への変換が効率良く行われる。

【0040】図5は、本発明の第2実施形態を示す構成図である。この振動装置は、中空形状の固定ヨーク11と、固定ヨーク11の内部に中心軸X方向に沿って変位可能なように支持された振動子3と、駆動磁界を発生するための電磁コイル12と、電磁コイル12に正弦波またはパルス波の駆動電流Iを供給する発振器20などで構成され、さらに振動子3は2つの磁石4a、4bで構成され、2つの集束ヨーク16a、16bが電磁コイル12を挟んで左右対称に配置されている。

【0041】振動子3では、磁石4aのN極と磁石4b

のN極とが対向するように接着等で結合され2つの磁石4 a、4 bが縦列配置され、各N極から出た磁力線が互いに反発して、中心軸Xに垂直な平面状の磁界を形成する。

【0042】電磁コイル12は、X軸の周りに導線を巻回するように構成され、振動子3が形成する平面状磁界との相互作用が最大となるように、振動子3の振動中心である原点Oを取り囲むように配置される。

【0043】集束ヨーク16 a、16 bは、振動子3の両端にそれぞれ対向するように原点Oを中心として対称配置され、磁石4 aのS極と集束ヨーク16 aとの間の磁気作用および磁石4 bのS極と集束ヨーク16 bとの間の磁気作用を固定ヨーク11と振動子3端部との磁気距離を近づけることと大きな透磁率により、それぞれ増強している。なお、図5では集束ヨーク16 a、16 bを固定ヨーク11とは別部品で構成しているが、両者を一体的に形成することも可能である。また、図5の構成では各部品が対称的に配置されているため、対称中心点と復元力の原点Oとが一致することになる。

【0044】静止した振動子3に電磁コイル12からの駆動磁界が作用すると、振動子3が振動を開始し、この振動周期と同期するように駆動磁界が変動すると、共振現象によって振動振幅が徐々に増加し、摩擦や空気抵抗等に起因する共振ロスと電磁コイル3からの注入エネルギーとが均衡した状態で振動子3は一定振幅で振動するようになる。

【0045】図5の構成においても、図4 (b) ~ (e) に示す各種駆動電流波形が使用可能である。

【0046】図6は、本発明の第3実施形態を示す構成図である。この振動装置は、中空形状の固定ヨーク11と、固定ヨーク11の内部に中心軸X方向に沿って変位可能なように支持された振動子3と、駆動磁界H a、H bを発生するための電磁コイル12 a、12 bと、電磁コイル12 a、12 bに正弦波またはパルス波の駆動電流Iを供給する発振器20などで構成され、さらに振動子3は2つの磁石4 a、4 bで構成され、2つの電磁コイル12 a、12 bが集束ヨーク16を挟んで左右対称に配置されている。

【0047】振動子3では、磁石4 aのN極と磁石4 bのN極とが対向するように2つの磁石4 a、4 bが縦列配置され、各N極から出た磁力線が互いに反発して、中心軸Xに垂直な平面状の磁界を形成する。

【0048】集束ヨーク16は、固定ヨーク11と振動子3の磁石4 aと磁石4 bの対向端部との磁気距離を近づけることと大きな透磁率により、振動子3が形成する平面状磁界との相互作用が最大となるように、振動子3の振動中心である原点Oを取り囲むように配置される。なお、図6では集束ヨーク16を固定ヨーク11とは別部品で構成しているが、両者を一体的に形成することも可能である。また、図6の構成では各部品が対称的

に配置されているため、対称中心点と復元力の原点Oとが一致することになる。

【0049】電磁コイル12 a、12 bはX軸の周りに導線を巻回するように構成され、振動子3の両端にそれぞれ対向するように、固定ヨーク11と同軸かつ原点Oを中心として対称配置することによって、X軸と平行かつ同方向の駆動磁界H a、H bを同時に発生するため、効率的で強力な磁界重量を実現できる。

【0050】静止した振動子3に駆動磁界H a、H bが作用すると、振動子3が振動を開始し、この振動周期と同期するように磁界H a、H bが変動すると、共振現象によって振動振幅が徐々に増加し、摩擦や空気抵抗等に起因する共振ロスと電磁コイル3からの注入エネルギーとが均衡した状態で振動子3は一定振幅で振動するようになる。

【0051】図6の構成においても、図4 (b) ~ (e) に示す各種駆動電流波形が使用可能である。特に、図4 (e) に示す全波パルス駆動を用いた場合、図4 (a) に示すように振動子3が周期Tの正弦波で振動している場合、振動子3がX軸の正方向に移動している2分の1周期だけ正極性となり、振動子3がX軸の負方向に移動している2分の1周期だけ負極性となるパルス電流を電磁コイル12 a、12 bに流している。全波パルス駆動は、半波パルス駆動と比べて2倍の駆動期間を確保でき、しかも2つの電磁コイル12 a、12 bによるプッシュプル駆動となるため、極めて高い効率の駆動を実現できる。

【0052】図7は、本発明の第4実施形態の構成を示す断面図である。この振動装置は、図3の構成をより具体化したものであり、円筒形状の固定ヨーク11と、固定ヨーク11の内部に中心軸X方向に沿って変位可能なように支持された振動子3と、振動子3の直線変位を案内する円筒形状のボビン13と、駆動磁界H aを発生するための電磁コイル12と、電磁コイル12に正弦波またはパルス波の駆動電流Iを供給する発振器(不図示)などで構成され、さらに集束ヨーク16は固定ヨーク11と一体的に形成されている。装置全体の寸法は、たとえば長さが10 mm、外径は6 mmである。

【0053】ボビン13はプラスチック等の非磁性材料で形成され、電磁コイル12の導線を巻回するためのベースとなる。ボビン13および電磁コイル12の外周面に固定ヨーク11が装着され、さらに固定ヨーク11の外径と一致するキャップ14、15がボビン13の両端に接着剤等によって装着され、固定ヨーク11を固定するとともに装置の気密性、水密性を確保している。

【0054】振動子3は、磁化方向が変位方向と平行になるように上面および下面がN極、S極に着磁された円柱状の磁石4と、透磁率の大きな磁性材料で形成され、磁石4の上面および下面に密着固定された円柱状の移動ヨーク5、6で構成される。移動ヨーク5、6の外径は

磁石4の外径より僅かに大きく、移動ヨーク5、6の周面を滑らかにすることによって、ボビン13の内面と移動ヨーク5、6との摺動が低摩擦になり、円滑な振動を実現している。

【0055】さらに、移動ヨーク5、6によって磁石4からの磁束を固定ヨーク11、集束ヨーク16へ効率的に導くことができるため、振動子3の復元力や電磁コイル12との相互作用を高めることができる。

【0056】また、磁石4および移動ヨーク5、6には、両側の密閉空間同士を連通するための貫通孔8が形成され、密閉空間内の気体が自由に移動できる構造によって振動子3の自由振動を確保している。

【0057】こうした構成において、振動子3のN極から出た磁力線が固定ヨーク11および集束ヨーク16を通過して、振動子3のS極に戻る磁気回路が形成される。振動子3は全体のポテンシャルエネルギーが最も低くなる位置(点O)で安定する。この状態で、磁気回路を通過する磁界に対して電磁コイル12からの駆動磁界Haを周期的に重畳することによって、振動子3に作用する磁界が周期的に変動するようになり、振動子3が直線的に往復しながら振動する。

【0058】電磁コイル12の駆動電流波形は、図4(b)～図4(e)に示す各種駆動波形が使用可能であり、振動子3の共振周波数Fmと駆動電流の周波数Faをほぼ一致させることによって、エネルギー効率に優れた機械的振動が得られる。

【0059】図8は、本発明の第5実施形態の構成を示す断面図である。この振動装置は、図5の構成をより具体化したものであり、円筒形状の固定ヨーク11と、固定ヨーク11の内部に中心軸X方向に沿って変位可能のように支持された振動子3と、振動子3の直線変位を案内する円筒形状のボビン13と、駆動磁界を発生するための電磁コイル12と、電磁コイル12に正弦波またはパルス波の駆動電流Iを供給する発振器(不図示)などで構成され、さらに2つの集束ヨーク16a、16bは電磁コイル12を挟んで左右対称となるように、固定ヨーク11と一体的に形成されている。装置全体の寸法は、たとえば長さが16mm、外径は6mmである。

【0060】ボビン13はプラスチック等の非磁性材料で形成され、電磁コイル12の導線を巻回するためのベースとなる。ボビン13および電磁コイル12の外周面に固定ヨーク11が装着され、さらに固定ヨーク11の外径と一致するキャップ14、15がボビン13の両端に接着剤等によって装着され、固定ヨーク11を固定するとともに装置の気密性、水密性を確保している。

【0061】振動子3は、磁化方向が変位方向と平行になるように上面および下面がN極、S極に着磁された円柱状の磁石4a、4bと、透磁率の大きな磁性材料で形成され、磁石4a、4bの中間、上面および下面に密着固定された円柱状の移動ヨーク5、6、7で構成され

る。磁石4a、4bは同じ極性の磁極が対向するように縦列配置され、図8では各N極から出た磁力線が互いに反発しつつ移動ヨーク5を通過して、平面状磁界を発生している。移動ヨーク5、6、7の外径は磁石4a、4bの外径より僅かに大きく、移動ヨーク5、6、7の周面を滑らかにすることによって、ボビン13の内面と移動ヨーク5、6、7との摺動が低摩擦になり、円滑な振動を実現している。

【0062】さらに、移動ヨーク5、6、7によって磁石4a、4bからの磁束を固定ヨーク11、集束ヨーク16へ効率的に導くことができるため、振動子3の復元力や電磁コイル12との相互作用を高めることができる。

【0063】また、磁石4a、4bおよび移動ヨーク5、6、7には、両側の密閉空間同士を連通するための貫通孔8が形成され、密閉空間内の気体が自由に移動できる構造によって振動子3の自由振動を確保している。

【0064】こうした構成において、磁石4a、4bのN極から出た磁力線が移動ヨーク5を経由して固定ヨーク11および集束ヨーク16a、16bを通過し、さらに移動ヨーク6、7を経由して振動子3のS極に戻る磁気回路が形成される。振動子3は全体のポテンシャルエネルギーが最も低くなる位置、すなわち固定ヨーク11の対称中心点となる点Oで安定する。この状態で、磁気回路を通過する磁界に対して電磁コイル12からの駆動磁界を周期的に重畳することによって、振動子3に作用する磁界が周期的に変動するようになり、振動子3が直線的に往復しながら振動する。

【0065】電磁コイル12の駆動電流波形は、図4(b)～図4(e)に示す各種駆動波形が使用可能であり、振動子3の共振周波数Fmと駆動電流の周波数Faをほぼ一致させることによって、エネルギー効率に優れた機械的振動が得られる。

【0066】図9は、本発明の第6実施形態の構成を示す断面図である。この振動装置は、図6の構成をより具体化したものであり、円筒形状の固定ヨーク11と、固定ヨーク11の内部に中心軸X方向に沿って変位可能のように支持された振動子3と、振動子3の直線変位を案内する円筒形状のボビン13と、駆動磁界を発生するための電磁コイル12a、12bと、電磁コイル12a、12bに正弦波またはパルス波の駆動電流Iを供給する発振器(不図示)などで構成され、さらに集束ヨーク16は電磁コイル12a、12bの中間に固定ヨーク11と一体的に形成される。装置全体の寸法は、たとえば長さが16mm、外径は6mmである。

【0067】ボビン13はプラスチック等の非磁性材料で形成され、電磁コイル12a、12bの導線を巻回するためのベースとなる。ボビン13および電磁コイル12a、12bの外周面に固定ヨーク11が装着され、さらに固定ヨーク11の外径と一致するキャップ14、1

5がボビン13の両端に接着剤等によって装着され、固定ヨーク11を固定するとともに装置の気密性、水密性を確保している。

【0068】振動子3は、磁化方向が変位方向と平行になるように上面および下面がN極、S極に着磁された円柱状の磁石4a、4bと、透磁率の大きな磁性材料で形成され、磁石4a、4bの中間、上面および下面に密着固定された円柱状の移動ヨーク5、6、7で構成される。磁石4a、4bは同じ極性の磁極が対向するように縦列配置され、図9では各N極から出た磁力線が互いに反発しつつ移動ヨーク5を通過して、平面状磁界を発生している。移動ヨーク5、6、7の外径は磁石4a、4bの外径より僅かに大きく、移動ヨーク5、6、7の周面を滑らかにすることによって、ボビン13の内面と移動ヨーク5、6、7との摺動が低摩擦になり、円滑な振動を実現している。

【0069】さらに、移動ヨーク5、6、7によって磁石4a、4bからの磁束を固定ヨーク11、集束ヨーク16へ効率的に導くことができるため、振動子3の復元力や電磁コイル12との相互作用を高めることができる。

【0070】また、磁石4a、4bおよび移動ヨーク5、6、7には、両側の密閉空間同士を連通するための貫通孔8が形成され、密閉空間内の気体が自由に移動できる構造によって振動子3の自由振動を確保している。

【0071】こうした構成において、磁石4a、4bのN極から出た磁力線が移動ヨーク5を経由して集束ヨーク16および固定ヨーク11を通過し、さらに移動ヨーク6、7を経由して振動子3のS極に戻る磁気回路が形成される。振動子3は全体のポテンシャルエネルギーが最も低くなる位置、すなわち固定ヨーク11の対称中心点となる点Oで安定する。この状態で、磁気回路を通過する磁界に対して電磁コイル12a、12bからの駆動磁界を周期的に重畳することによって、振動子3に作用する磁界が周期的に変動するようになり、振動子3が直線的に往復しながら振動する。

【0072】電磁コイル12a、12bの駆動電流波形は、図4(b)～図4(e)に示す各種駆動波形が使用可能であり、振動子3の共振周波数Fmと駆動電流の周波数Faをほぼ一致させることによって、エネルギー効率に優れた機械的振動が得られる。

【0073】なお、上記実施形態では円筒形状の固定ヨークおよび振動子等で説明したが円筒形状に限定されるものではなく、たとえば断面が四角形状のものやさらに多角形のもので構成しても良い。さらに電磁コイルや集束ヨークの磁性体、振動子の磁石の数など上記実施形態に限定されるものではない。また磁石の極方向も上記実施形態に限定されるものではない。

【0074】

【発明の効果】以上詳説したように本発明によれば、振

動子に固定ヨークの中心付近を原点とした復元力が作用するため、この状態で磁気回路を通過する磁界に対して電磁コイルからの交流磁界を重畳することによって、振動子が直線的に振動するようになる。さらに、集束ヨークを固定ヨークと振動子との間に介在させることによって、固定ヨークと振動子端部との磁気的距離を近づけることと大きな透磁率により、固定ヨークと振動子との間の磁気作用が増強され、振動子の復元力がより大きくなる。こうして電気的振動を機械的振動に効率良く変換できる。

【0075】また、振動子の機械的共振周波数Fmとほぼ一致する周波数Faの駆動磁界を印加することによって共振現象が発生し、僅かなエネルギー供給によって大きな振幅の振動が持続するようになる。こうして電気から機械振動への変換効率が高くなり、少ない消費電力で大きな振動出力が得られる。

【0076】また、電磁コイルを固定ヨークと同軸で配置することによって、振動子の磁化方向と駆動磁界の方向とが一致するため、電磁コイルから振動子への磁界伝達効率が向上する。

【0077】また、振動子を同極対向で配置された複数の磁石で構成することによって、強力な平面状磁界が得られる。

【0078】さらに、電磁コイルを振動中心に配置し、複数の集束ヨークを対称配置することによって、振動子へのエネルギー伝達効率が向上する。

【0079】さらに、集束ヨークを振動中心に配置し、複数の電磁コイルを対称配置することによって、振動子へのエネルギー伝達効率が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】振動子の変位と復元力の関係を示すグラフである。

【図2】振動子の共振特性を示すグラフである。

【図3】本発明の第1実施形態を示す構成図である。

【図4】図4(a)は振動子3の運動波形、図4(b)～図4(e)は電磁コイル12の駆動電流波形の各種例を示すグラフである。

【図5】本発明の第2実施形態を示す構成図である。

【図6】本発明の第3実施形態を示す構成図である。

【図7】本発明の第4実施形態の構成を示す断面図である。

【図8】本発明の第5実施形態の構成を示す断面図である。

【図9】本発明の第6実施形態の構成を示す断面図である。

【符号の説明】

3 振動子

4、4a、4b 磁石

5、6、7 移動ヨーク

8 貫通孔

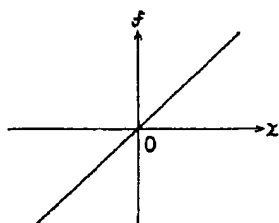
13

14

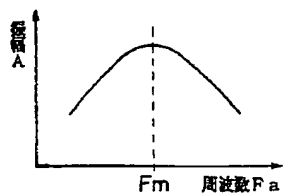
11 固定ヨーク
12、12a、12b 電磁コイル
13 ポビン

14、15 キャップ
16、16a、16b 集束ヨーク
20 発振器

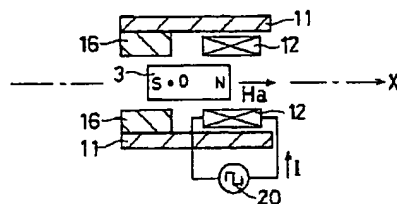
【図1】



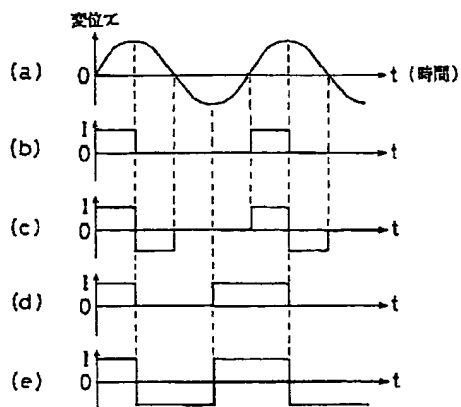
【図2】



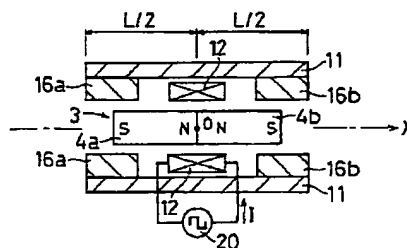
【図3】



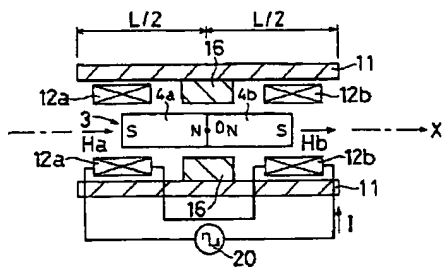
【図4】



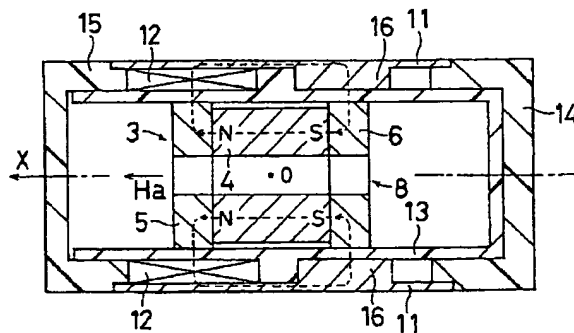
【図5】



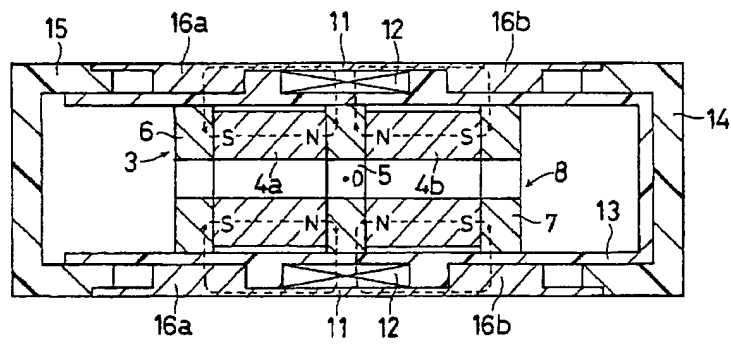
【図6】



【図7】



【図 8】



【図 9】

